

PUBLICATION NUMBER : 2001085272

PUBLICATION DATE : 30-03-01

APPLICATION DATE : 12-11-99

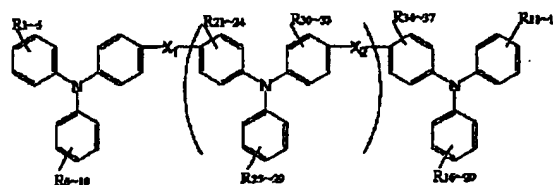
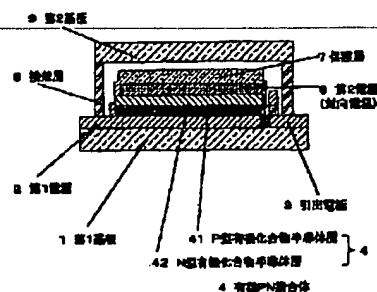
APPLICATION NUMBER : 11322626

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : FUKUYAMA MASAO;

INT.CL. : H01G 7/06

TITLE : VARIABLE CAPACITOR



ABSTRACT : **PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a variable capacitor which is low in loss and excellent in frequency characteristics by a method wherein a first and a second electrode are arranged confronting each other as being insulated from each other, and an organic P-N junction where a P-type organic compound semiconductor layer is brought into area contact with an N-type organic compound semiconductor layer is sandwiched in between the first and second electrode.

SOLUTION: A variable capacitance capacitor has such a structure where an organic P-N junction 4 is laminated on a plate-like first electrode 2, and a second electrode 6 laminated on the junction 4 confronting the first electrode 2. A P-type organic compound semiconductor 41 and an N-type organic compound semiconductor layer 42 are brought into area contact with each other to form the organic P-N junction 4. The organic compound semiconductor layer 41 is of P-type or has a function to transfer holes, and polytriphenylamine compound shown by a formula has a function to transfer holes. In the formula, R1 to R37 each denotes a hydrogen atom, a methyl group, an ethyl group, and an isopropyl group respectively, X1 and X2 are separately selected out of a methylene group and a thioether group, and (n) is one or more.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 G 7/06

識別記号

F I

H 0 1 G 7/06

テームド (参考)

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平11-322626

(22) 出願日 平成11年11月12日 (1999. 11. 12)

(31) 優先権主張番号 特願平11-200109

(32) 優先日 平成11年7月14日 (1999. 7. 14)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 渡辺 久芳

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 堀 義和

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 福山 正雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

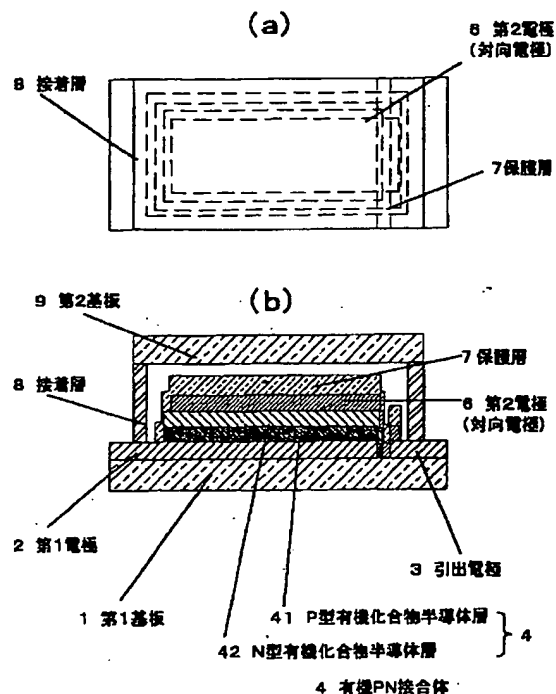
弁理士 岩橋 文雄 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 可変容量コンデンサ

(57) 【要約】

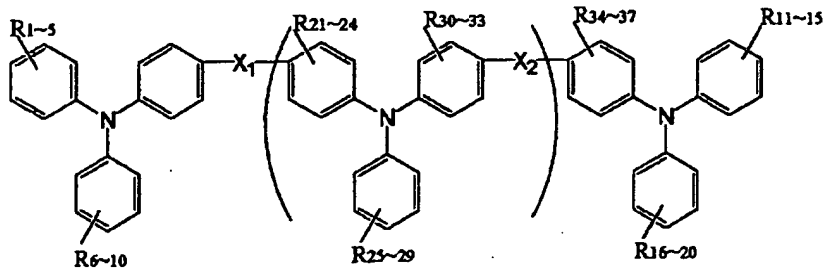
【課題】 可変静電容量値の大容量化や高い容量精度の実現そして、少量多品種の対応が容易で、低電圧で動作し低損失で周波数特性が良好な可変容量コンデンサを提供すること

【解決手段】 互いに絶縁されて対向する一対の第1電極2と第2電極6との間に、P型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42とが面接触した有機PN接合部4が挟まれている、可変容量コンデンサ。



合うように、前記N型有機化合物半導体層(42)上に第2電極(6)を設ける対向電極形成工程、を包含する、可変容量コンデンサの製造方法。

【請求項17】 前記P型有機化合物半導体層(41)に含まれるP型有機化合物の少なくとも1つが、以下の



(ここで、 $R_1 \sim R_{37}$ はそれぞれ独立して水素、メチル基、エチル基、およびイソプロピル基からなる群から選択され、 X_1 および X_2 は、それぞれ独立して、なし、メチレン基、およびチオエーテル基からなる群から選択され、 n は1以上である)。

【請求項18】 前記 $R_1 \sim R_{37}$ はいずれも水素である、請求項17に記載の可変容量コンデンサの製造方法。

【請求項19】 前記 R_1 、 R_6 、 R_{11} 、 R_{16} のいずれか1つがメチル基であり、残りの R がいずれも水素である、請求項17に記載の可変容量コンデンサの製造方法。

【請求項20】 前記N型有機化合物半導体層(42)に含まれるN型有機化合物の少なくとも1つが、無置換またはメチル基、エチル基、イソプロピル基、あるいはターシャリブチル基置換トリス(8-キノリノラート)アルミニウム、トリス(4-メチル-8-キノリノラート)アルミニウム、トリス(4-フェナントリジノラート)アルミニウム、トリス(10-ベンゾキノリノラート)アルミニウム、ビス(10-ベンゾキノリノラート)ベリリウム、1, 4-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)ベンゼン、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)ビフェニル、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)テルフェニル、および4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)クアテルフェニルからなる群から選択される、請求項16から19までのいずれかに記載の可変容量コンデンサの製造方法。

【請求項21】 前記P型半導体層形成工程の前に、前記第1電極(2)を第1基板(1)上に形成する電極形成工程、

前記対向電極形成工程の後に、周囲に接着剤を塗布した第2基板(9)と第1基板(1)とを貼り合わせて前記接着剤を硬化させる工程、をさらに包含する、請求項16から20までのいずれかに記載の可変容量コンデンサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、可変容量コンデン

サに関し、より詳細には、静電容量を直流バイアス電圧で調整することが要求される電子機器および電気機器に使用される可変容量コンデンサであって、低電圧で動作するだけでなく、低損失かつ周波数特性が良好な可変容量コンデンサに関する。

【化2】

【0002】

【従来の技術】 近年、屋外で使用される携帯用の電子機器あるいはコンピュータ関連の電子機器および電気機器が多用されている。これらの電子機器等に用いられる部品として、発信周波数を微調整等するために、レーザートリミングにより電極面積を調整して静電容量値を調整するレーザートリマブルコンデンサが多用されてきている。

【0003】 以下、従来のレーザートリマブルコンデンサの構造を図5に基づいて説明する。図5(a)はレーザートリマブルコンデンサの上面図、図5(b)は図5(a)のA-A'断面図である。

【0004】 図5(b)に示すように、セラミック基板51の片面上に、所定の間隔を保って離間することにより電気的に絶縁された銀ペーストからなる内部電極52・53が形成されている。この平行に配置された内部電極52・53上にセラミックからなる誘電体54を配設し、この上面に金ペーストからなる中間電極55が形成されている。

【0005】 上記コンデンサの左右側面にはそれぞれ外部電極56・57が形成されており、外部電極56には内部電極52が接続され、外部電極57には内部電極53がそれぞれ接続されている。このように、上記コンデンサは、外部電極56と外部電極57との間に、内部電極52と中間電極55とからなるコンデンサと、内部電極53と中間電極55とからなるコンデンサが直列に接続された複合コンデンサとなっている。

【0006】 図5(b)に示すように、中間電極55は外部に露出しており、耐湿性および耐熱性が必要なため、金ペーストから形成されている。この中間電極55をレーザービームで焼き切り、中間電極55の面積を小さくすることによって、直列に配置された二つのコンデ

ニジフェニルビニルベンゼン、4, 4'-ビス2, 2-ジフェニルビニルビフェニル、4, 4'-ビス2, 2-ジフェニルビニルテルフェニル、および4, 4'-ビス2, 2-ジフェニルビニルクアテルフェニルからなる群から選択されることが好ましい。

【0017】また、P型有機化合物半導体層41またはN型有機化合物半導体層42の少なくとも一方に、0.1重量%以上5重量%以下の不純物がドーパされているもよい。

【0018】1つの実施の態様においては、P型有機化合物半導体層41の厚み T_p およびN型有機化合物半導体層42の厚み T_n はそれぞれ10nm以上100nm以下であり、 $T_p + T_n \geq 50$ nmである。

【0019】各第1電極2および第2電極6の面積抵抗値は $0.7 \Omega/\square$ 以上 $10 \Omega/\square$ 以下であることが好ましい。また、第1電極2および第2電極6のいずれか一方の電極は、0.1重量%以上5重量%以下のリチウムを含有するアルミニウムからなることが好ましい。

【0020】P型有機化合物半導体層41の厚みとN型有機化合物半導体層42の厚みとを異ならせたときには、印加電圧0Vを境として、正極側と負極側との間で印加電圧に対する静電容量の変化量の大きさを変化させることができる。

【0021】1つの実施の態様においては、一對の第1電極2および第2電極6が、対向する一對の第1基板1と第2基板9との間に挟まれると共に、第1基板1および第2基板9の周囲が接着層8により封止されている。また、第1基板1と第2基板9との間に、複数のPN有機接合体41が挟まれていてもよい。

【0022】接着層8の熱変形温度は70℃以上であることが好ましい。また、P型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42との接触面積は 0.02 m^2 以上であることも好ましい。このような本発明に係る可変容量コンデンサを備えた携帯用機器も本発明の趣旨に含まれる。

【0023】上記課題を解決する本発明に係る可変容量コンデンサの製造方法は、平板状の第1電極2上に、P

型有機化合物半導体を積層してP型有機化合物半導体層41を形成するP型半導体層形成工程、P型有機化合物半導体層41上に、N型有機化合物半導体を積層してN型有機化合物半導体層42を形成するN型半導体層形成工程、および第1電極2に向かい合うように、N型有機化合物半導体層42上に第2電極6を設ける対向電極形成工程、を包含する。

【0024】さらに、本発明に係る可変容量コンデンサの製造方法は、P型半導体層形成工程の前に、第1電極2を第1基板1上に形成する電極形成工程、対向電極形成工程の後に、周囲に接着剤を塗布した第2基板9と第1基板1とを貼り合わせて接着剤を硬化させる工程、を包含してもよい。

【0025】

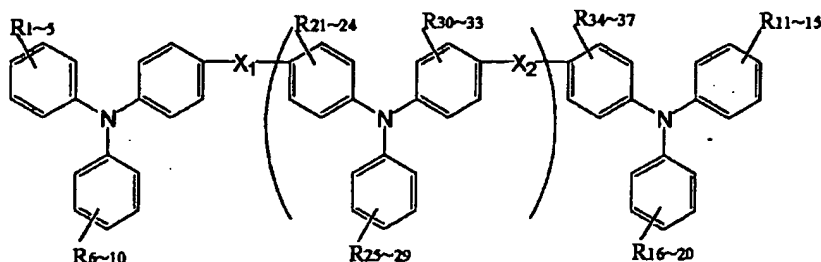
【発明の実施の形態】以下、本発明を図面と共に詳細に説明する。なお、以下の説明においては、第1電極2上にP型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42が順に積層されている。ただし、半導体層41、42の順序を逆にして、第1電極2上にN型有機化合物半導体層およびP型有機化合物半導体層を順に積層してもよい。この場合、十分とはいえないが似たような効果が得られる。

【0026】図1(a)は本発明に係る可変容量コンデンサの平面図であり、図1(b)は図1(a)のA-A'線断面図である。図1(b)に示すように、本発明に係る可変容量コンデンサは、平板状の第1電極2上に有機PN接合体4が積層されており、有機PN接合体4上には第1電極2と対向する電極6(以下、「第2電極6」という)が積層されている。有機PN接合体4は、P型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42とが面接触して形成されている。

【0027】有機化合物半導体層4はP型、すなわち、ホール輸送性であり、このような半導体層4に用いられるホール輸送性有機化合物としては、以下のポリトリフェニルアミン化合物が挙げられる；

【0028】

【化4】



(ここで、 $R_1 \sim R_7$ はそれぞれ独立して水素、メチル基、エチル基、およびイソプロピル基からなる群から選択され、 X_1 および X_2 は、それぞれ独立して、なし、メチレン基、およびチオエーテル基からなる群から選択され、 n は1以上である)。

【0029】なお、各フェニル基に導入されるR基の表記について説明すると、例えば、化1において最も左に位置するフェニル基には、 R_1 から R_5 までの5つのR基が導入され得るが、特に表記または言及しない限り、 R_1 はオルト位、メタ位、およびパラ位のいずれであって

化合物は、真空蒸着技術による薄膜形成を行う際に、高い蒸発レートの温度（約500℃以上）で加熱すると分解してしまう。低い蒸発レートの温度（約420℃から約480℃程度）で加熱すれば蒸着による薄膜形成も可能であるが、非常に薄膜形成に時間がかかるため、非常に生産性が低くなる。そのため、このようなポリトリフェニルアミン化合物の場合には、溶剤コーティング法によりポリトリフェニルアミン化合物からなる薄膜を形成することが好ましい。このような溶剤コーティング法では、短時間で薄膜を形成することができるので、非常に生産性が高くなる。なお、溶剤コーティング法では、膜厚を100nm未満にすることが困難であるので、100nm未満の膜厚が所望される場合には、真空蒸着を行うことが好ましい。

【0038】溶剤コーティング法においては、N-メチルピロリドン等からなる溶剤へのポリトリフェニルアミン化合物の溶解性を高めるために、 R_1 、 R_6 、 R_{11} 、および R_{16} の少なくとも1つにメチル基、エチル基、イソプロピル基、ターシャリブチル基を導入して置換ポリトリフェニルアミン化合物とすることが好ましい（なお、この場合、その他のRはすべて水素である）。この置換基としてはメチル基が好ましい。

【0039】有機化合物半導体層5はN型、すなわち、電子輸送性であり、このような半導体層5に用いられる電子輸送性有機化合物としては、トリス（8-キノリノラート）アルミニウム、トリス（4-メチル-8-キノリノラート）アルミニウム、トリス（4-フェナントリジノラート）アルミニウム、トリス（10-ベンゾキノリノラート）アルミニウム、ビス（10-ベンゾキノリノラート）ベリリウム、1,4-ビス（2,2-ジフェニルビニル）ベンゼン、4,4'-ビス（2,2-ジフェニルビニル）ビフェニル、4,4'-bis（2,2-ジフェニルビニル）テルフェニル、4,4'-bis（2,2-ジフェニルビニル）クアテルフェニルが挙げられる。

【0040】この中でも、熱的および電氣的に安定であるという観点から、トリス（8-キノリノラート）アルミニウム、および4,4'-bis（2,2-ジフェニルビニル）テルフェニルが好ましい。これらの電子輸送性有機化合物は、その一部の水素がメチル基、エチル基、イソプロピル基やターシャリブチル基に置換されていてもよいが、置換されていない（すなわち、無置換である）ことが好ましい。

【0041】本発明者らによれば、P型有機化合物としてポリトリフェニルアミン化合物を用い、そしてN型有機化合物として上記のような電子輸送性有機化合物を用いたP型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42とを面接触することによって有機PN接合体4を形成し、P型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42にそれぞれ面接触するように有機P

N接合体4を挟む電極2、6を設けると、この電極2、6の間では、その間の印加電圧により蓄積される静電容量を変化させることができ、コンデンサとして利用できることが見いだされた。さらに、このような有機PN接合体4においては、保存温度および動作温度を70℃から85℃程度まで非常に高くできることも見出された。

【0042】P型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42の接触面積は0.02mm²以上であることが好ましい。大面積基板上に数万個を超える複数の可変容量コンデンサを配設する場合では、一平面に配設される電極2、6自体が実質的にコンデンサとなって数pFの静電容量を有するため、可変容量コンデンサの対向面積を0.02mm²未満にした場合、静電容量値の変化幅は10%以下になり、可変容量コンデンサとしての価値が低くなってしまう場合がある。

【0043】P型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42の少なくとも一方に有機化合物または無機化合物をドーピングすることにより、電圧印加による静電容量の変化幅を約0.5%から約10%程度、拡大・縮小することができる。ドーピングに用いられる化合物は、半導体層41、42中の有機化合物に対して0.1重量%から5重量%までの範囲でドーピングされることが好ましく、2重量%から3重量%までの範囲でドーピングされることがより好ましい。ドーピングに適した有機化合物としては、ルブレン、クマリン、1,2-(4,4'-ジフェニルアニリノ)エチレン、および4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリドイル-9-エンイル)-4H-ピランを挙げることができる。これらの有機化合物は単独でも2種類以上組み合わせ用いても良い。ドーピングの方法としては、P型およびN型有機化合物半導体の蒸着時に同時蒸着により加えたり、溶剤コーティングの直前に混ぜる等の方法が挙げられる。

【0044】コンデンサの定格電圧は直流で2.5V以下の要望が多く、厚みを厚くする必要はほとんどない。そのため、P型有機化合物半導体層41の厚み T_p およびN型有機化合物半導体層42の厚み T_n はそれぞれ一般的に10nmから100nmまでの間の任意の値から選ばれと共に、P型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42の厚みの和（ T_p+T_n ）を50nm以上とすることで直流定格電圧2.5Vの可変容量コンデンサが得られる。（ T_p+T_n ）が50nm未満である場合には、2.5Vの直流電圧に耐えられず、絶縁破壊が生じ、実用に耐えない。一方、上記厚み T_p 、 T_n 、および（ T_p+T_n ）が所定範囲にある場合には、印加電圧を-2.5Vから+2.5Vまでの範囲で変化させても、図2(a)に示すような静電容量の変化が認められる。さらに、膜厚のむらを±10%以内に抑え、さらに静電容量の公差を10%以内とすれば、歩留まりを90%以上にすることができる。

とが見いだされた。もちろんリチウム1.0.0%であってもかまわないが(この場合、第2電極6そのものがリチウムから形成されることになる)、リチウムは水と反応し易く、腐食により静電容量値がすぐ低下するなどの取り扱い難い欠点を有する。さらに、耐湿性を最も効率よく向上させるために、リチウムと表面に反応が進行し難い酸化保護膜ができるアルミニウムとの同時蒸着組成物とすることが本発明者らにより見いだされた。また、リチウムの添加量が5重量%を超えるとでは耐湿性が急激に悪くなり、0.1重量%未満では必要なバイアス電圧が不安定となり必要な電圧が増加する傾向がある。具体的には、リチウムが0.1重量%未満である場合には、静電容量が変化する電圧の幅が-4Vから+4V程度まで広がる。従って、通常、要求されているように、静電容量が変化する電圧の幅を約-2.5Vから+2.5V程度にするためには、アルミニウムに対するリチウムの含有量は、0.1重量%以上5重量%以下であることが好ましい。もちろん、静電容量が変化する電圧の幅が-4Vから+4V程度まで広げた可変容量コンデンサが必要とされた場合には、リチウムの含有量を0.1重量%未満とすればよい。なお、第2電極6も第1電極2と同様、平板状である。

【0053】(保護層7について) 湿気および酸素の侵入・拡散を遅らせて第1電極2、引出電極3、および第2電極6、ならびに有機PN接合体4を保護するため、第2電極6の表面からこれらを覆うような保護層7が形成されることが好ましい。このような保護層7としては、厚み100nm以上500nm以下の酸化ゲルマニウムおよび二酸化シリコンからなる層が挙げられる。

【0054】1つの実施態様において、図1(b)に示すように、上記のような一対の電極2、6およびそれに挟まれた有機PN接合体4からなる可変容量コンデンサは、周囲が接着層8によって封止された一対の第1基板1と第2基板9との間に挟まれている。

【0055】(基板1、9について) このような基板1、9としては特に限定されないが、基板内部の電極2、6および有機PN接合体4を保護するため、一対の基板1、9は、空気中の水分および酸素を透過させないものであることが好ましい。このような基板としては、例えば、ガラス板、セラミックス板、および表面を絶縁された金属板が挙げられる。一般的に薄い無機材料は割れ易いので、厚みによって採用できる面積が変わる。一般的に基板1、9の厚みが0.2mm以上0.5mm未満である場合には、基板1、9の寸法は2.0mm×1.25mmから3.2mm×2.5mm程度であり、基板1、9の厚みが0.5mm以上1.1mm以下である場合には、基板1、9の寸法は大容量コンデンサに適した4.5mm×3.2mmから100mm×100mm程度にすることができる。

【0056】(接着層8について) 一対の基板1、9の

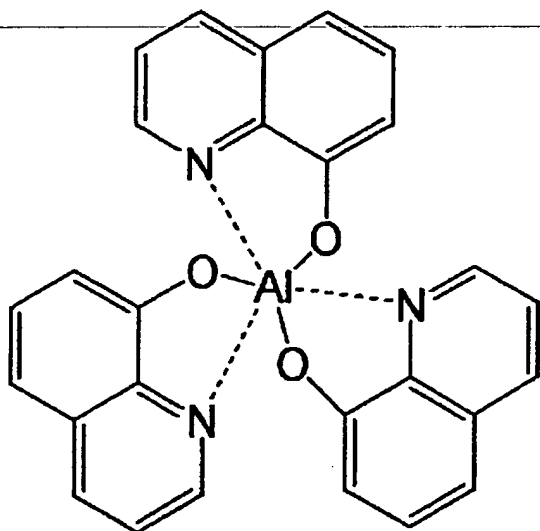
周囲を接着する接着層8としては、一般的には室温硬化性エポキシ樹脂、紫外線硬化性樹脂が使用されるが、本発明における有機PN接合体4は、その保存温度および動作温度を70℃から85℃程度まで非常に高くできることが見出されているので、これに適した接着剤を用いることが好ましい。すなわち、このような接着層8に用いられる接着剤としては、室温硬化または紫外線硬化の後に、自己発熱による温度上昇を含め、約70℃での二次加熱硬化が可能であるものが好ましい。この場合、接着層8の熱変形温度が少なくとも70℃であるので、本発明における有機PN接合体4の保存温度および動作温度を70℃から85℃程度まで非常に高くできたことと相俟って、本発明に係る可変容量コンデンサは耐熱安定性に極めて優れる。

【0057】さらに、上記接着剤に粒径5μm以上50μm以下のアルミナまたはシリカの微粉末を加えることにより、2枚の基板1、9間に最低限の厚みを有する接着層8を確保することが容易になる。これにより、外部から侵入する湿気、酸素による有機PN接合体4へのダメージを防止し、強度や湿気の浸透しにくい封止構造が得られる。粒径が50μmを超える場合には、外部から湿気が侵入しやすくなる傾向がある。粒径が5μm未満である場合には、接着力を低下させる場合がある。

【0058】接着層8により封止された2枚の基板1、9間には、水分濃度を50ppm以下に調整した乾燥ガスを封入することが好ましい。このような乾燥ガスとしては、無機ガスおよび有機ガスが挙げられる。これらは単独でも、混合して用いられてもよい。無機ガスとしては、一般に不活性ガスと称される窒素ガス、アルゴンガス、およびネオンガスが挙げられる。有機ガスとしては炭素数が3以下のアルカン(すなわち、メタン、エタン、プロパン)、およびパーフルオロアルカンが挙げられる。

【0059】(製造方法) 図1(b)に示される本発明に係る可変容量コンデンサの製造方法について説明する。まず、第1基板1上に外部に引き出される引き出し電極としての第1電極2および引出電極3を形成する。第1電極2および引出電極3を第1基板1上に形成する方法としては、第1電極2および引出電極3が貴金属薄膜から形成される場合、蒸着またはスパッタを挙げることができ、第1電極2および引出電極3が導電性セラミック薄膜から形成される場合、蒸着、スパッタ、化学分解法(熱的分解)を挙げることができる。なお、第1基板1上の第1電極2および引出電極3は互いに絶縁されている。

【0060】次に、第1電極2上にP型有機化合物半導体層41を形成する。さらにP型有機化合物半導体層41上に、これとほぼ同じ面積を有するN型有機化合物半導体層42を形成することにより、半導体層41、42の接合面でどの部分も全く同一の有機PN接合体4が形



【0069】次に、N型有機化合物半導体層42上に 4 ± 1 重量%のリチウムと 96 ± 1 重量%のアルミニウムとを同時蒸着することにより、面積抵抗値が $0.7 \pm 0.1 \Omega/\square$ 、厚みが 150 nm 、幅が 1.7 mm 、奥行きが 1.8 mm の第2電極6を積層した。また、蒸着の際には、形成される第2電極6と引出電極3とが電気的に接続するように、第2電極6から、半導体層5の側面、トリス(8-キノリノラート)アルミニウムに被覆された半導体層4の側面、およびポリトリフェニルアミン化合物により被覆された第1電極2の側面にかけてもリチウムとアルミニウムとを同時蒸着した。なお、第1電極2の側面は、第1電極2および引出電極3の間の中央部から第1電極2の側面までにかけて硬化したポリトリフェニルアミン化合物により絶縁されている。第2電極6上には、酸化ゲルマニウムからなる厚み 200 nm の保護層7を蒸着により積層した。

【0070】一方、水添ビスフェノールA型エポキシ樹脂に当量の変性フタル酸無水物(水素添加芳香族酸無水物)を混合した硬化剤とイミダゾール系反応開始剤とからなり、粘度が $0.2 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ の室温硬化型エポキシ樹脂に、粒径が $10 \pm 2 \mu\text{m}$ の球状シリカを1重量%分散させた接着剤を、厚みが 0.5 mm 、幅が 2.9 mm 、奥行きが 2.5 mm の珪酸ガラスからなる第2基板9の周囲に塗布し、 70°C の窒素ガス雰囲気下で有機PN接合体41等を積層した第1基板1にこの第2基板9を貼り合わせて加圧して、接着剤を熱硬化させることにより可変容量コンデンサを得た。なお、接着剤は自己発熱したが、 70°C の窒素ガス雰囲気下であったため、接着剤は一度に硬化した。

【0071】(可変容量コンデンサの評価) 得られた可変容量コンデンサの静電容量の電圧による変化を図2(a)に示す。電圧変化の測定においては、インジウム錫酸化物からなる幅 2.3 mm の第1電極2を陽極とし、幅 0.7 mm の引出電極3を陰極とした。図2

(a)に示されるように、 -2.5 V から $+2.5 \text{ V}$ の範囲の電圧を印加すると、約 500 pF から約 1150 pF まで静電容量がリニアに変化した。さらに温度 60°C 、相対湿度 95% 、印加電圧 $+2.5 \text{ V}$ の条件下、連続通電 300 時間後の静電容量の変化率は $\pm 1\%$ 以内であり、非常に優れた耐湿性を示した。また、温度 70°C の条件下、 $+2.5 \text{ V}$ の印加電圧を 3000 時間かけて連続通電した後に、 -2.5 V から $+2.5 \text{ V}$ の範囲の電圧を印加しても、約 550 pF から約 1100 pF まで静電容量がリニアに変化し、非常に優れた耐久性を示した。

【0072】同様に、温度 70°C の条件下、 $+4.8 \text{ V}$ の印加電圧を 3000 時間かけて連続通電した後に、 -2.5 V から $+2.5 \text{ V}$ の範囲の電圧を印加しても、約 600 pF から約 1000 pF まで静電容量がリニアに変化した。このとき、幅 $2. \text{ mm}$ の第1電極2を陰極として電圧を印加した場合の損失角は、印加電圧が 0 V の場合には 1.9% であり、印加電圧が 2.5 V の場合には 0.86% であった。一方、第1電極2を陽極として 1.6 V の電圧を印加した場合の損失角は 4.52% であったが、回路上問題とならない低損失であった。さらに、周波数 1 kHz の交流電圧(1 V)を印加した際を基準として、周波数 100 kHz の交流電圧(1 V)を印加した際の静電容量変化率は約 -1.6% であり、高周波の交流電圧を印加した場合であっても良好な特性が維持されることが理解された。

【0073】(実施例2)次に図3の本発明の別な実施例について説明する。

(可変容量コンデンサの作製)

【0074】(実施例2)次に図3の本発明の別の実施例について説明する。

(可変容量コンデンサの作製) 図3において、厚み 1.1 mm のアルミノシリケートガラスからなる第1基板1の一方の面上に、面積抵抗値が $0.7 \Omega/\square$ である金からなる第1電極2ならびに引出電極3aおよび3bを積層した。第1電極2の厚みは 200 nm 、幅は 44.7 mm 、奥行き 70.0 mm であった。引出電極3aの厚みは 200 nm 、幅は 5.0 mm 、奥行き 34.85 mm であった。引出電極3bの厚みは 200 nm 、幅は 5.0 mm 、奥行き 34.85 mm であった。また、第1電極2と引出電極3aとの間(図3(b)参照)は 0.5 mm であり、同様に第1電極2と引出電極3bとの間(図3(a)参照)も 0.5 mm であった。

【0075】次に、第1電極2上に、以下の化9で示されるポリトリフェニルアミン化合物を蒸着により、厚み $100 \pm 5 \mu\text{m}$ 、幅 30 mm 、奥行き 31.85 mm のP型有機化合物半導体層41を2つ積層した。このとき、第1電極2の側面をポリトリフェニルアミン化合物により被覆した。

【0076】

サが提供される。従来のトリマブルコンデンサと異なり、本発明に係る可変容量コンデンサは、印加電圧を大きくさせることにより、静電容量値を大きくすることも可能である。さらに、PN接合を利用した無機ダイオードと異なり、初期静電容量値を大きくすることもできる。さらに、従来の可変容量コンデンサと比較して、本発明に係る可変容量コンデンサは非常に小さく、特に携帯電話、ノート型パソコン等の携帯用機器内に用いられる可変容量コンデンサとして最適である。

【0084】また、ドーピングに用いられる化合物や、電極2、6および/または有機PN接合体4の厚みを変更することにより、静電容量の範囲を変化させることができるため、様々な要求に応えることが可能である。具体的には、最大静電容量値は膜厚等を調節することにより、 1 cm^2 当り 17000 pF から 60000 pF まで任意に選ぶことができるだけでなく、電極2、6および/または有機PN接合体4の面積を変更することにより、 10 pF から $10\text{ }\mu\text{F}$ を超える範囲まで任意の初期静電容量値を有する可変容量コンデンサを提供することができる。

【0085】本発明に係る可変容量コンデンサは、静電容量値が増加する方向に 5 V を超える過電圧が瞬時に印加された場合であっても自己回復性を有する。また、温度 60°C 、相対湿度 95% の温湿度環境下に 300 時間放置しても静電容量が全く変動しない。さらに、図3に示すように、一対の基板1、9の間に複数個の可変容量コンデンサを備えた可変容量コンデンサ装置では、実回路上における初期静電容量値を、必要に応じて 1 桁以上変更することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明に係る可変容量コンデンサの平面図

(b)は図1(a)のA-A'線断面図

【図2】(a)は、本発明に係る可変容量コンデンサの静電容量の変化を示すグラフ

(b)は、半導体層41、42の厚みを異ならせた場合の静電容量の変化を示すグラフ

【図3】(a)は本発明に係る他の可変容量コンデンサの平面図

(b)は図3(a)のA-A'線断面図

(c)は図3(a)のB-B'線断面図

【図4】複数個のレーザートリマブルコンデンサをマトリックス状に並べるようにして基板回路に組み込んだ平面図

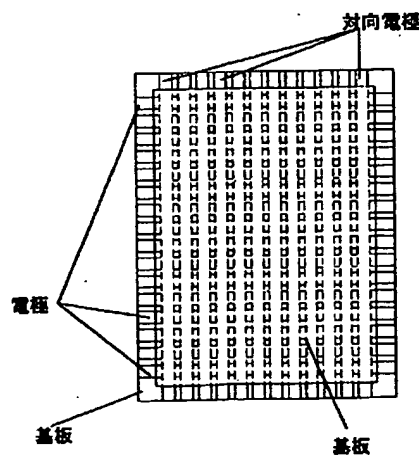
【図5】(a)は従来のレーザートリマブルコンデンサの上面図

(b)は図5(a)のA-A'断面図

【符号の説明】

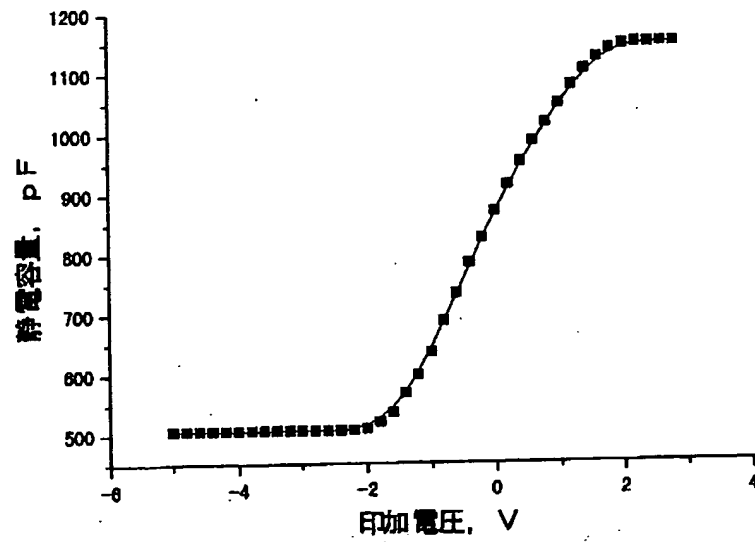
- 1 第1基板
- 2 第1電極
- 3 引出電極
- 4 有機PN接合体
- 41 P型有機化合物半導体層
- 42 N型有機化合物半導体層
- 6 第2電極
- 7 保護層
- 8 接着層
- 9 第2基板

【図4】



【図2】

(a)



(b)

